

自主防災会におけるリスクコミュニケーションの成立可能性に関する一考察*

Risk Communication in Regional Disaster Prevention Activities*

横松宗太**・安食貴志***

by Muneta YOKOMATSU** and Takashi AJIKI***

1. はじめに

自然災害リスクの認知には大きな個人差があり、それらはとりわけ地域住民が協力して自主防災活動に取り組む過程で問題となる。一方、心理学等においてリスクコミュニケーションは同様の環境や動機付けをもつ住民間で行われる場合にもっとも効果的であることが指摘されている。よって自主防災会はリスクコミュニケーションの媒体としても期待されている。しかしある地域において住民や自主防災会会長を対象にアンケート調査を実施したところ、多くの自主防災会において、活動内容に関する議論やリスクコミュニケーションはなされていないことが明らかになった。多くの防災会において、防災会長の提案に対して住民が積極的に異論を唱えることはないという調査結果を得た。本研究では、ゲーム理論を応用して自主防災会の防災会長と住民の間の議論の過程を理論的に分析する。そして自主防災会の始動が急務であることが十分なリスクコミュニケーションにとって障害となる場合があることを示す。

2. 自主防災会モデル

1人の防災会長(プレイヤーA)と1人の地域住民(プレイヤーB)で構成される防災会を考える。災害はPoisson到着すると仮定し、A・Bが認識する1期間当たりの災害到着率(主観的災害生起確率)をそれぞれ μ_A, μ_B により表す。初期時点である0期における両プレイヤーの主観的災害生起確率をそれぞれ μ_A^0, μ_B^0 と表し、 $0 \leq \mu_B^0 \leq \mu_A^0 \leq 1$ を仮定する。すなわち防災会長Aが住民Bよりもリスク認知の程度が高い状況を対象とする。

各プレイヤーは每期1の所得を得る。両者ともリスク中立的であるとし、各期の効用は消費水準に一致し、事前の期待効用は期待消費水準に一致すると考える。また、地域で防災会による自主防災活動Gが実施されていれば災害時に被害を回避することができるが、実施されていなければ2人とも死亡すると仮定する。死亡は消費の終了、すなわち以後の期の効用がゼロであることにより表現する。一方、每期、自主防災活動Gが実施される限り、プレイヤーは永遠に生存すると仮定する。活動GはプレイヤーA,Bによって $G = g_A + g_B$ のように分担されるとする。ひとたび防災活動が始まれば、以後同じ活動分担(g_A, g_B)が永遠に継続すると仮定する。労力 g_A, g_B は金銭単位に換算できるものとする。よって自主防災活動Gが実施される場合、各プレイヤー*i*($i = A, B$)は每期1の所得を得て、自主防災活動における支出の残り($1 - g_i$)を消費することになる。ある期の期初に評価した、每期自主防災活動が行われる場合と行われない場合の期間効用と(期待)生涯効用は以下のように表される。

自主防災活動が行われる場合：

$$\text{期間効用} = 1 - g_i, \text{生涯効用} = \left(1 + \frac{1}{r}\right)(1 - g_i) \quad (1a)$$

自主防災活動が行われない場合：

$$\text{期間効用} = 1, \text{期待生涯効用} = 1 + \frac{1 - \mu_i}{r + \mu_i} \quad (1b)$$

r はリスクがない場合の割引率である。効用の終端時点がPoisson到着するrandom stopping問題は、到着率を含む主観的割引率を用いた無限消費問題と等価になる(Yaari, 1965)。式(1b)に示すように、主観的割引率 $R_i = (r + \mu_i)/(1 - \mu_i)$ をもつ主体が無限に消費1を継続する場合の生涯効用と等しくなる。このとき $\partial R_i / \partial \mu_i > 0$ 、すなわちリスク認知が高い主体ほど主観的割引率 R_i は高くなる。

*キーワード: リスク認知, 地域防災活動, リスクコミュニケーション, 交渉ゲーム

** 正員 鳥取大学工学部社会開発システム工学科

(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

TEL/FAX 0857-31-5311)

*** (株)山陰合同銀行

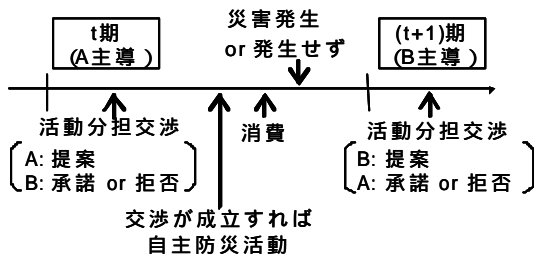


図-1. モデルの期間構造 (2期以降)

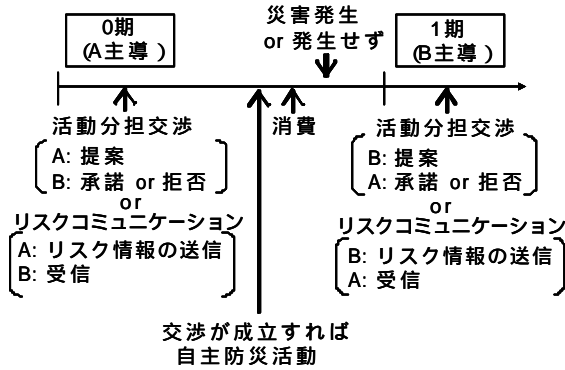


図-2. モデルの期間構造 (0期, 1期)

モデルの期間構造を図-1, 図-2により表す。コミュニケーションの過程はRubinstein(1982)タイプの bargaining game を適用する。Rubinstein(1982)の bargaining game では、プレイヤーが順番に提案をして、提案が承諾された時点でゲームが終了する。一方のプレイヤーの提案ともう一方のプレイヤーの回答には1期間の時間を要する。図-1に示すように、 t 期 ($t \geq 2$)において A が自主防災活動の役割分担 (g_A, g_B)について提案し、それを B が承諾または拒否する。拒否した場合には $(t+1)$ 期に B が提案を行う。交渉は合意に至るまで無限に繰り返される。なお交渉が合意されない期においては自主防災活動は実施されず、両プレイヤーは死亡リスクに曝される。以上のような無限交渉ゲームを通じて、活動 G の分担に関する均衡解 (g_A, g_B)を導出する。

また、活動分担の交渉に先立って、0期と1期においては両プレイヤーにリスクコミュニケーションの機会が与えられる。リスクコミュニケーションのための情報伝達過程に関しても、bargaining game に倣って、ひとつの期間では一方向の情報の送受信のみが行われると仮定する。すなわち0期では防災会長 A が情報を伝達して、住民 B はそれを受信するのみとする。0期の期初において、双方の認知水準 (μ_A^0, μ_B^0)は共有知識であるとする。防災会長 A は (μ_A^0, μ_B^0)を

観察した上で、0期をリスク情報の伝達に費やすか、即交渉に入るかを選択する。 A がリスク情報の伝達行動を選択した場合、1期の期初の主観的災害生起確率は次式で与えられるとする。

$$\mu_A^1 = \mu_A^0 \quad (2a)$$

$$\mu_B^1 = (1 - \theta_B)\mu_A^0 + \theta_B\mu_B^0, \quad 0 \leq \theta_B \leq 1 \quad (2b)$$

同様に1期において住民 B も活動分担に関する提案を行うか、自身のリスク情報を伝達するかを選択することができる。 B がリスク情報の伝達行動を選択した場合、2期の期初の主観的災害生起確率は次式で与えられる。

$$\mu_A^2 = \theta_A\mu_A^1 + (1 - \theta_A)\mu_B^1, \quad 0 \leq \theta_A \leq 1 \quad (3a)$$

$$\mu_B^2 = \mu_B^1 \quad (3b)$$

θ_i はプレイヤー i の自身の認知に対する信念の強さを表している³⁾。 θ_i は相手のプレイヤーにとって確率変数であり、 $0 \leq \theta_i \leq 1$ の範囲で、確率密度関数 $f_i(\theta_i)$ に従って分布していると仮定する。また、パラメータの大きさについて以下の仮定をおく。

$$\mu_A^0 \leq r, \quad G \leq \frac{2\mu_A^0}{r + \mu_A^0} \leq 1 \quad (4)$$

左の条件式は認知される死亡確率が割引率ほど大きくはないことを意味し、右の条件式は仮に自主防災活動を1人で実施することになったとしても、 G を毎期の1の所得制約で賄えることを意味する。仮定(4)より、任意の (μ_A, μ_B)について以下の関係が従う。

$$\mu_A\mu_B \leq r^2, \quad G \leq \frac{r(\mu_A + \mu_B) + 2\mu_A\mu_B}{r(\mu_A + \mu_B) + \mu_A\mu_B + r^2} \leq 1 \quad (5)$$

3. 活動分担に関する交渉ゲームの均衡

リスクコミュニケーションの機会が与えられた0期, 1期の問題と、その可能性がない2期以降の問題は構造が異なる。まずは2期以降のある期の問題を考えよう。ここでは両プレイヤーの主観的災害生起確率 (μ_A, μ_B)は与件であり、以後修正されることはない。 t 期においてプレイヤー A が活動分担について提案する問題は以下のように表される。

$$\begin{aligned} & \max_{g_A(t), g_B(t)} \left(1 + \frac{1}{r}\right)(1 - g_A(t)) \\ & \text{subject to} \end{aligned} \quad (6a)$$

$$(1 + \frac{1}{r})(1 - g_A(t)) \geq 1 + \frac{1 - \mu_A}{r}(1 - g_A^*(t+1)) \quad (6b)$$

$$(1 + \frac{1}{r})(1 - g_B(t)) \geq 1 + \frac{1 - \mu_B}{r}(1 - g_B^*(t+1)) \quad (6c)$$

$$g_A(t) + g_B(t) = G \quad (6d)$$

$(g_A^*(t+1), g_B^*(t+1))$ は、 t 期において交渉が決裂して $(t+1)$ 期に持ち込まれたときに、 $(t+1)$ 期にプレイヤー B が提案して合意される活動分担を表す。条件式 (6b)(6c) の右辺は t 期の交渉問題における各プレイヤーの留保効用を表している。留保効用の第 1 項は t 期の消費 1、第 2 項は次期以降の期待生涯効用である。 $(1 - \mu_i)$ は次期を生存して迎える確率を表す。式 (6b)(6c) は A, B の誘因整合性条件に相当する。

紙面の制約上、均衡解の導出過程の記述は省略する。交渉ゲームがプレイヤー A の提案で開始される場合、均衡は開始時点において A が以下の (g_A, g_B) を提案して B がそれを承諾するという結果になる。

$$g_A(\mu_A, \mu_B) = \frac{(1+r)(r+\mu_B)G + (1-\mu_B)\mu_A - (1+r)\mu_B}{(1+r)^2 - (1-\mu_A)(1-\mu_B)} \quad (7a)$$

$$g_B(\mu_A, \mu_B) = \frac{(r+\mu_A)(1-\mu_B)G - (1-\mu_B)\mu_A + (1+r)\mu_B}{(1+r)^2 - (1-\mu_A)(1-\mu_B)} \quad (7b)$$

一方、交渉ゲームが B の提案で開始される場合には、均衡は開始時点で B が以下の (g'_A, g'_B) を提案して A がそれを承諾するかたちになる。

$$g'_A(\mu_A, \mu_B) = \frac{(r+\mu_B)(1-\mu_A)G - (1-\mu_A)\mu_B + (1+r)\mu_A}{(1+r)^2 - (1-\mu_A)(1-\mu_B)} \quad (8a)$$

$$g'_B(\mu_A, \mu_B) = \frac{(1+r)(r+\mu_A) + (1-\mu_A)\mu_B - (1+r)\mu_A}{(1+r)^2 - (1-\mu_A)(1-\mu_B)} \quad (8b)$$

以後、「 $'$ 」はプレイヤー B が最初にオファーする交渉ゲームの解を表す。無限交渉ゲームでは交渉の機会が無限に与えられているにもかかわらず、交渉は開始時点における提案と承諾によって終了する。この均衡は、実際にほとんどの防災会で活動内容について議論が発生することがなく、住民が防災会長の提案に即同意しているという（冒頭のアンケート調査結果が示す）事実を説明している。

均衡解の性質について調べよう。仮定 (4) の下では以下の関係が成立している。

$$g_A(\cdot) \leq g'_A(\cdot), \quad g_B(\cdot) \geq g'_B(\cdot) \quad (9)$$

すなわち双方のプレイヤーにとって、交渉の開始時点において提案する権利をもつ場合に自分の負担をより小さくすることができる。両者の差は先にオファーする機会の価値に相当する。またリスク認知水準と均衡貢献水準の間には以下の関係が存在する。

$$\frac{\partial g_A(\cdot)}{\partial \mu_A} > 0, \quad \frac{\partial g_A(\cdot)}{\partial \mu_B} < 0, \quad \frac{\partial g_B(\cdot)}{\partial \mu_A} < 0, \quad \frac{\partial g_B(\cdot)}{\partial \mu_B} > 0 \quad (10a)$$

$$\frac{\partial g'_A(\cdot)}{\partial \mu_A} > 0, \quad \frac{\partial g'_A(\cdot)}{\partial \mu_B} < 0, \quad \frac{\partial g'_B(\cdot)}{\partial \mu_A} < 0, \quad \frac{\partial g'_B(\cdot)}{\partial \mu_B} > 0 \quad (10b)$$

自身のリスク認知水準が高いほど、自主防災活動において大きな貢献を提供することになる。また、相手のリスク認知が低いほど自分はより多く負担せざるをえなくなる。このことは活動分担交渉において、リスク認知が低い主体がより大きな bargaining power を有することを示している。換言すると、災害リスクをより大きく認識する主体ほど自主防災活動の緊急性をより強く感じる結果、自分が大きな負担をすることになるとしても、より早期に活動を開始することを優先させることになるのである。そして上述のように、交渉は瞬時に終了する。認知の低い主体は、認知の高い主体のそのような動機付けを利用して、より小さな負担で活動に参加することができる。交渉開始時点で評価した各プレイヤーの生涯効用は次式で与えられる。

$$U_A(g_A(\cdot)) = (1 + \frac{1}{r})(1 - g_A(\cdot)),$$

$$U_B(g_B(\cdot)) = (1 + \frac{1}{r})(1 - g_B(\cdot)) \quad (11a)$$

$$U_A(g'_A(\cdot)) = (1 + \frac{1}{r})(1 - g'_A(\cdot)),$$

$$U_B(g'_B(\cdot)) = (1 + \frac{1}{r})(1 - g'_B(\cdot)) \quad (11b)$$

4. リスクコミュニケーションの成立可能性

0 期と 1 期にはプレイヤー A とプレイヤー B が相手にリスク情報を伝達する機会をもつ。リスク情報の伝達後の各プレイヤーの認知水準は式 (2a)(2b) (3a) (3b) に従って変化する。0 期から 2 期の主観的リスクの間には以下の大小関係が存在する。

$$0 \leq \mu_B^0 \leq \mu_B^1 = \mu_B^2 \leq \mu_A^2 \leq \mu_A^1 = \mu_A^0 \leq 1 \quad (12)$$

0 期のプレイヤー A からプレイヤー B への情報伝達によって μ_B は上昇し、1 期の B から A への情報伝達によって μ_A は減少する。 B は A に対して、自分達の

地域は A が認識しているよりも安全であるという情報を伝達することになる。また、前述のように情報伝達の効果 (θ_A, θ_B) は事前には不確定である。

後ろ向き帰納法によって均衡解を求めよう。いま、0期にプレイヤー A がリスクコミュニケーションを選択したとしよう。それによって0期に交渉が行われずに1期が訪れたとする。このとき B の意思決定問題と生涯期待効用水準は次式のように与えられる。

$$V_B(\mu_A^1, \mu_B^1) = \max \left[U_B(g_B'(\mu_A^1, \mu_B^1)), 1 + \frac{1 - \mu_B^1}{1 + r} \int_0^1 U_B(g_B(\mu_A^2, \mu_B^2)) f_A(\theta_A) d\theta_A \right] \quad (13)$$

右辺の第1式は活動分担に関する提案を行った場合の効用を、第2式はリスク情報の伝達を行った場合の期待効用を表す。 B が1期にリスク情報の伝達を行った場合、次の2期では A が活動の提案を行なうため、第2式では分担水準が $g_B(\cdot)$ となる。均衡貢献水準の性質 (9)(10a)(10b) と式 (12) を考慮すると、

$$g_B'(\mu_A^1, \mu_B^1) \leq g_B(\mu_A^2, \mu_B^2) \text{ for any } \theta_A \quad (14)$$

さらに仮定 (4) を考慮すると次式を得る (証明略)。

$$V_B(\mu_A^1, \mu_B^1) = U_B(g_B'(\mu_A^1, \mu_B^1)) \quad (15)$$

すなわち任意の (μ_A^1, μ_B^1) とリスクコミュニケーションの効果に関する確率密度関数 $f_A(\theta_A)$ の下で、プレイヤー B はリスクコミュニケーションを図らない。 B は必ず活動分担の提案を行い、自主防災活動を開始させることを選択する。なぜならば B にとっては、 A がリスクを高く (B の視点からしたら「過剰に」) 認知してくれていたほうが都合がよい。 A がリスクをより高く認識するほど、 A は自主防災活動のより大きな割合を引き受けてくれるため、あえて μ_A を減少させることはないからである。さらに本モデルでは、 B にとって1期でリスクコミュニケーションを選択することは、交渉におけるオファーの権利を手放すことを意味する。以上の2つの要因によってリスクコミュニケーションを選択することは確実に B の活動の負担を増加させ、効用を低下させることになる。

最後に0期におけるプレイヤー A の行動について考えよう。 A の意思決定問題と生涯期待効用水準は次式のように表される。

$$V_A(\mu_A^0, \mu_B^0) = \max \left[U_A(g_A(\mu_A^0, \mu_B^0)), 1 + \frac{1 - \mu_A^0}{1 + r} \int_0^1 U_A(g_A'(\mu_A^1, \mu_B^1)) f_B(\theta_B) d\theta_B \right] \quad (16)$$

右辺の第1式は活動分担に関する提案を行った場合の効用を、第2式はリスク情報の伝達を行った場合の期待効用を表している。ここでは1期のプレイヤー B の問題とは異なって、プレイヤー A にとってはリスク情報を伝達することに価値がある場合がある。なぜならば B の認知を上昇させることによって、自主防災活動における自身の負担を軽減させることができるからである。よって A によるリスクコミュニケーション行動は、 B のリスク認知向上による活動分担の改善の利益と、活動の開始を1期間先延ばしにし、さらに交渉のオファーの権利を手放すことによる費用を比較考量して決められることになる。各パラメータと確率密度関数 $f_B(\theta_B)$ を特定化して数値計算を行った結果 (詳細は発表時に報告する)、 A のリスク認知水準が高いほど、また A と B の間のリスク認知のギャップが大きいほどリスクコミュニケーションが行われないことが判明した。

5. おわりに

リスクを十分に認知している住民にとっては、認知しない人達を時間をかけて説得するよりも、取り急ぎ自分達が中心となって活動体制を整えることが合理的であると発想する場合があることが示された。しかし自然災害に対する真の地域防災力を高めるためにはやはり全ての住民がリスク水準と防災活動に対して共通の理解をもつことが不可欠である。本モデルの分析より、リスクコミュニケーションの成立可能性において所要時間がひとつの要因となることが判明した。対策として、例えば防災会長が短期間で住民の認知を向上させる効果があると考えられるような、地域防災活動マニュアルやビデオを公共が用意する方法などが考えられる。

参考文献

- 1) Rubinstein, A.: Perfect equilibrium in a bargaining model, *Econometrica*, Vol.50, pp.97-109, 1982.
- 2) Yaari, M. E.: Uncertain lifetime, life insurance, and the theory of the consumer, *Review of Economic Studies*, Vol. 32, pp. 137-150, 1965.
- 3) Viscusi, K.W.: *Fatal Tradeoffs: Public and Private Responsibilities for Risk*, New York, Oxford University Press, 1992.